UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1948-1949 – N° 62

Contribution à l'étude de l'hygiène du bâtiment scolaire

Ventilation - Chauffage - Eclairage

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement
le vendredi 1er avril 1949

PAR

Giselle-Marie CAPDEVILLE

Diplômée d'Etudes Supérieures médicales d'Education Physique

Née à LA TESTE-DE-BUCH (Gironde) le 19 août 1920

Examinateurs de la Thèse

MM. FABRE, professeur ..... *Président.*
BEAUVIEUX, professeur .....
DERVILLÉE, professeur ..... *Juges.*
VERGER, agrégé .....

BORDEAUX
IMPRIMERIE J. LESBATS
16, Rue Jules-Guesde, 16

1949

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1948-1949 – N° 62

Contribution à l'étude de l'hygiène du bâtiment scolaire

Ventilation - Chauffage - Eclairage

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement
le vendredi 1er avril 1949

PAR

Giselle-Marie CAPDEVILLE

Diplômée d'Etudes Supérieures médicales d'Education Physique

Née à LA TESTE-DE-BUCH (Gironde) le 19 août 1920

Examinateurs de la Thèse

MM. FABRE, professeur ..... *Président.*
BEAUVIEUX, professeur .....
DERVILLÉE, professeur..... *Juges.*
VERGER, agrégé .....

BORDEAUX
IMPRIMERIE J. LESBATS
16, Rue Jules-Guesde, 16

1949

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYEN : N...

ASSESSEUR : M. CHELLE.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. DENIGÈS, H. MANDOUL, PETGES, GUYOT, ANDÉRODIAS, ROCHER, LANDE, DUVERGEY, CARLES, LEURET, PERY, LABAT, CHARRIER.

PROFESSEURS :

	MM.		MM.
Clinique médicale	DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale	AUBERTIN.
id.	CREYX.	Clinique ophtalmologique	BEAUVIEUX.
Clinique chirurg. et gynécol.	MASSE.	Clinique chirurg. inf. et orthop.	LOUBAT.
Clinique chirurgicale	PAPIN.	Clin. des maladies infectieuses	DAMADE.
Clinique d'accouchements	RIVIÈRE.	Chimie biologique et médicale	MACHEBŒUF.
Anatomie pathol. et microsc.. clin.	DE GRAILLY.	Physique méd. et pharmaceutique.	PIFFAULT.
Anatomie	VILLEMIN.	Méd. col. et clin. mal. exotiques	BONNIN.
Anatomie générale et histologie	G, DUBREUIL.	Clin. malad. cutanées et syphilit.	JOULIA.
Hygiène et clin. de la tubercul.	PIÉCHAUD.	Clin. des mal. des voies urinaires.	DARGET.
Médecine légale et déontologie	DERVILLÉE.	Clin. mal. nerveuses et mentales.	DELMAS-MARSALET.
Electroradiol. et clin. d'él. médic.	REBOUL.	Clin. d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN.
Chimie	CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée	CASTAGNOU.
Matière médicale	GOLSE.	Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ.
Pharmacie	VITTE.	Clin. méd. des mal. des enfants	FONTAN.
Physiologie	FABRE.	Botanique et cryptogamie	GIRARD.
Zoologie et parasitologie	R. SIGALAS.		

PROFESSEURS SANS CHAIRE

MM. PERRENS (Maladies mentales) — DUFOUR (Anatomie) ; MESNARD (Pharmacie).

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

MAITRE DE CONFÉRENCES

M. BLANQUET (Physique pharmaceutique).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.		MM.
Anatomie	N...	Obstétrique	N...
Physiologie	N...	id.	MAHON.
Médecine générale	BROUSTET.	Ophtalmologie	BESSSIÈRE.
id.	SARIC.	Oto-rhino-laryngologie	DESPONS.
id.	DUBARRY.	Dermatologie et syphiligraphie	LE COULANT.
id.	F.J. TRAISSAC.	Histologie	MAYER.
id.	BERGOUIGNAN	Physique médicale	N...
Pédiatrie et puériculture	VERGER.	Chimie gén. pharm. et toxicol.	N...
Chirurgie générale	N...	Histoire natur. méd. et parasitol.	N...
id.	MAGENDIE.	Pédiatrie et Puériculture	VERGER.
id.	POUYANNE.	Méd. légale et méd. du travail	L'ÉPÉE.
id.	LAUMONIER.	Electroradiologie	LACHAPÈLE.
id.	CHAVANNAZ.	Odonto-stomatologie	MARONNEAUD.
Chimie biologique	TAYEAU.		

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.		MM.
Médecine opératoire	N...	Chimie minérale	N...
Accouchements	PERY.	Pharmacie galénique	MESNARD.
Puériculture	VERGER.	Bactériologie	MOUREAU.
Urologie	N...	Physiologie	Mlle ROUGIER.
Législation pharmaceutique	POPLAWSKI.	Chimie biologique	N...
Ophtalmologie	N...	Parasitologie et biologie appliqu.	PAUTRIZEL.
Anatomie	RIGAUD.	Pathologie chirurgicale	LAUMONIER.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation, ni improbation.

A MES GRANDS-PARENTS

A MES PARENTS

A MON FIANCÉ

A MES AMIS

A Monsieur le Professeur Agrégé VERGER

Médecin des Hôpitaux

A Monsieur le Professeur DERVILLÉE

Professeur de Médecine légale et de Médecine du travail

Officier d'Académie

A Monsieur le Professeur BEAUVIEUX

Professeur de Clinique ophtalmologique

Ophtalmologiste des Hôpitaux

Officier de l'Instruction Publique

Chevalier de la Légion d'honneur

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

Monsieur le Professeur FABRE

Professeur de Physiologie
Directeur de l'Institut d'Education Physique
Chevalier de la Légion d'Honneur
Médaille Militaire
Croix de Guerre
Officier de l'Instruction Publique

Que nous remercions du très grand honneur qu'il nous a fait en acceptant de présider cette thèse. Nous le prions de trouver ici, notre témoignage de reconnaissance et de profond respect.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41536518_0094

CONTRIBUTION

à l'étude de l'hygiène du bâtiment scolaire

Ventilation - Chauffage - Eclairage

INTRODUCTION

Les destructions qui ont atteint profondément le capital immobilier français, n'ont pas épargné les constructions scolaires. Sans se réjouir de la disparition de certaines, dont la vétusté et l'agencement archaïque ne répondaient plus aux exigences de l'hygiène moderne, qu'il nous soit permis de souhaiter que des principes rationnels président à l'édification des futurs établissements.

Ce présent travail, sous l'inspiration de M. le Professeur Fabre, espère apporter à ce problème, une modeste contribution. Sans transiger avec les conditions idéales, il ne négligera pas, pour autant, les conditions de leur mise en application, plus précisément : l'économie des moyens.

Les pouvoirs publics devront, en ce domaine, réaliser un heureux compromis entre leurs possibilités financières et l'impératif des principes hygiéniques.

L'interdépendance des questions physiologiques et techniques ne nous a pas, d'autre part, échappé; aussi bien

l'aspect technique sera-t-il rigoureusement conditionné par l'aspect physiologique du problème.

Le plan de ce travail s'inspire essentiellement de cette donnée.

PLAN :

I. — *La Ventilation*

— A) Nécessité physiologique de la ventilation;

— B) Les systèmes de ventilation.

II. — *Le Chauffage :*

— Généralités sur les divers modes de transmission de la chaleur;

— A) Mode de transmission par mélange;

— B) Mode de transmission par convection;

— C) Mode de transmission par rayonnement.

III. — *Eclairage :*

— A) Nécessité physiologique d'un bon éclairage;

— B) L'éclairage naturel;

— C) L'éclairage artificiel.

IV. — *Conclusions.*

L'élaboration de ce travail nous a été grandement facilitée par la compétence et l'amabilité jamais démentie, de MM. Volette, Architecte D.P.L.G. de la ville de Bordeaux, Tastet, Ingénieur E.C.P. du Service Technique d'architecture de la ville de Bordeaux, Dufourg, Ingénieur E.T.P., chef du service électromécanique de la ville de Bordeaux, Laville, chef du Service Technique de la Maison Delor et Thibault, et Canouet, Architecte D.P.L.G. Qu'il nous soit permis, ici, de les en remercier vivement.

I. LA VENTILATION

A. - NÉCESSITÉ PHYSIOLOGIQUE DE LA VENTILATION

L'atmosphère des classes est rapidement viciée par plusieurs facteurs :

— Le dégagement du CO^2 provoqué par la respiration des occupants;

— L'apport et le brassage microbiens;

— Le dégagement de vapeurs diverses dues à la transpiration et aux gaz intestinaux et dont l'ammoniaque est un composant essentiel;

— Le dégagement de vapeur d'eau;

— Les odeurs nauséabondes provenant des vêtements plus ou moins bien nettoyés des enfants;

— L'oxyde de carbone provenant de systèmes de chauffage défectueux.

Nous envisagerons tout d'abord le dégagement du gaz carbonique et les conséquences qu'il entraîne. Nous étudierons ensuite l'apport et le brassage microbiens conjugués avec les influences de l'humidité, de la température et des vapeurs diverses.

Dans une troisième partie, nous examinerons l'hypothèse de l'anthropotoxine émise par Brown-Sequard, et dans la quatrième, l'action nocive de l'oxyde de carbone.

---

(1) Ce chapitre comporte de larges emprunts à l'ouvrage très documenté de M. Missenard *(Etude physiologique et technique de la ventilation)* cité par ailleurs dans la bibliographie.

I. - L'action de CO^2 sur l'organisme

Il semble que l'on se soit longtemps exagéré l'importance et le danger d'atmosphères relativement riches en CO^2. Le chiffre de 10/10.000 considéré par certains auteurs comme la dose limite de CO^2 dans l'air confiné paraît être très au dessous des doses réellement nocives.

Des expériences faites dans le laboratoire de physiologie de la Faculté de Médecine de Bordeaux, par Mlle le Docteur Rougier, sous la direction de M. le Professeur Fabre, il résulte qu'il n'y a pas de troubles marqués chez les diverses espèces d'animaux expérimentés, pour des taux de CO^2 très supérieurs à ceux que l'on peut trouver dans les classes.

D'autre part, Hough a constaté, dans une atmosphère à teneur en CO^2 régulièrement croissante, une augmentation du volume respiratoire et, à partir d'une certaine concentration, une accélération du rythme respiratoire. Il a constaté également de la fatigue et un certain degré d'assoupissement. Dans le même ordre de recherches, Ilzhofer aboutit au résultat suivant :

Entre 1 % et 17 % de CO^2, l'augmentation régulière du volume respiratoire atteint 19 %.

On peut donc admettre grossièrement d'après ces expériences, qu'une augmentation en CO^2 de 1 %, augmente de 1 % le volume respiratoire moyen.

En réalité, il est probable qu'il n'y a pas, dans ce domaine, de règles absolument générales et que les réactions des individus demeurent personnelles.

Quant à l'asphyxie, Paul Bert a montré qu'elle n'était à craindre que lorsque la teneur en CO^2 dépassait 30 %.

On peut donc conclure sans difficultés, avec l'ensemble des auteurs récents, que les doses de CO^2 inférieures à 2 % ne sont pas nocives. Cette concentration, comme le

montreront les exemples suivants n'est pratiquement jamais atteinte.

Dans un local supposé parfaitement étanche, pour un volume individuel moyen de 5 m^3 (valeur admise par les règlements scolaires en vigueur) et un occupant assis et au repos, la teneur en CO^2 s'accroîtrait à l'heure de 0,44 % (Missenard) ce qui conduit à une possibilité d'occupation de 5 heures consécutives avant d'atteindre une concentration gênante.

Mais les locaux n'étant jamais parfaitement étanches, cette concentration reste toujours inférieure à sa valeur théorique.

Gaussin a fait entre 1880 et 1902, des séries d'expériences montrant que dans des locaux à volume individuel inférieur à 5 m^3, la teneur en CO^2 ne dépasse pas 0,5 %.

ECOLES	CO^2 %	Nombre d'individus	Volume total (m^3)	Volume individuel (m^3)	Durée du séjour
Rue Madame	0,44	38	158	4,157	1 h. 30
—	0,32	40	175	4,375	1 h. 20
—	0,18	41	123,12	4,971	1 h. 10
—	0,25	34	151,20	4,447	1 h. 15
Boul^d Diderot	0,22	46	208	4,521	1 h. 15
—	0,45	45	208	4,622	1 h. 15
—	0,46	45	208	4,622	1 h. 15
Rue d'Aligre	0,36	49	157,248	3,209	1 h. 25
—	0,37	49	157,248	3,209	1 h. 25

D'autres auteurs, tels que Fischer, ont trouvé après 2 heures de classe 0,43 % de CO^2 dans des locaux conformes au règlement.

2. - L'apport et le brassage microbiens

La contagion par l'air

Le Docteur Trillat, de l'Institut Pasteur, a montré que le mode de contagion par l'air est, du moins pour certaines maladies, celui qui exige la plus petite quantité de germes pour causer la mort.

Si on désigne par A la plus petite dose d'émulsion de paratyphique répandue sous forme de nuage et capable de donner la mort par inhalation à des souris, on constate que, pour les autres voies d'introduction cette dose doit être considérablement augmentée :

Injection sous-cutanée	10 A
Imbibition muqueuses buccale	50 A
» » conjonctivale	200 A
» » rhinopharyngienne	50 A
Par badigeonnage	500 A
Par ingestion avec aliments	800 A

Des expériences analogues faites avec le pneumocoque ont donné des résultats comparables.

Microbes et poussières

« Les microbes sont presque toujours englobés dans des poussières et entraînés par elles; par exemple : les crachats desséchés des phtisiques, les fausses membranes desséchées d'un diphtérique, les croûtes d'un varioleux ou les squames d'un scarlatineux. Ils peuvent aussi être enrobés dans de fines gouttelettes; exemple : les gouttes baccillifères que projettent les phtisiques au moment de la quinte de toux ». (Prof. Rochaix).

Dans les poussières, on comprend d'une part les *fumées* (régions industrielles) qui diminuent la luminosité et atté-

nuent l'action destructrice de la lumière sur les microorganismes en suspension, d'autre part, les *poussières proprement dites*, d'autant plus abondantes dans l'atmosphère que l'animation est plus grande.

a) *Influence du degré hygrométrique.*

Les poussières sèches sont plus ou moins dangereuses, car, privé de l'humidité nécessaire, le microbe vit au ralenti. D'autre part, elles sont arrêtées facilement par le mucus des cavités nasales et pharyngées et l'épithélium à cils vibratiles qui tapisse les parois de la trachée.

L'élévation du degré hygrométrique provoquant la formation de gouttelettes par voie d'humidification des poussières sèches a donc pour résultat de faciliter l'existence, la prolifération et la virulence microbiennes.

Au surplus, dans une atmosphère au voisinage de la saturation, le moindre abaissement de température peut entraîner la précipitation de gouttelettes microbiennes sur les occupants ou les objets.

Missenard a calculé que dans un local étanche, pour un volume individuel de 5 m^3, et un occupant assis et au repos, le degré hygrométrique augmenterait de 40 % en 1 heure, à la température de 17° : on aboutirait, donc, très rapidement à la saturation.

d) *Influence des variations de température.*

Dans l'hypothèse d'une quantité constante de vapeur d'eau dans l'air.

Si la température augmente, les poussières sont asséchées, moins dangereuses mais plus facilement entraînées par les mouvements de l'air.

Missenard a calculé que pour un volume individuel moyen de 5 m^3 et dans les mêmes conditions que précédemment, la température pouvait s'élever de 4° par heure.

Citons à ce sujet les conclusions d'une commission américaine de ventilation :

le plus grand nombre de maladies des voies respiratoires se manifeste dans les locaux scolaires entre 20° et 20° 6. On indique au surplus l'influence aggravante de l'humidité.

Si la température diminue, les gouttelettes augmentent de volume par condensation de vapeur d'eau, s'alourdissent et ont tendance à tomber.

On peut rapprocher de ce phénomène, le procédé employé pour le dépoussiérage de l'air conditionné : une pulvérisation abondante d'eau froide dans un espace renfermant de nombreuses gouttelettes microbiennes en provoque la précipitation.

Dans le même ordre d'idées, l'abaissement de la température des parois provoque la condensation de gouttelettes microbiennes à leur niveau. Il sera donc nécessaire d'éloigner les enfants des vitrages dans la mesure où les radiateurs sont situés à l'opposé.

Il faut remarquer que ce phénomène de condensation se produit également sur les vêtements des enfants venant de l'extérieur. Ces vêtements, à une température inférieure à celle de la pièce sont le siège de condensations. Ils sont humides au surplus par suite de l'évaporation superficielle et cette humidité contient en dissolution des gaz-aliments provenant du corps humain dont le rôle favorisant sera précisé dans le chapitre suivant.

On devra donc prévoir les vestiaires en dehors de la salle de classe.

c) *Influence des émanations animales.*

Le Docteur Trillat a montré que les gaz putrides, les gaz expirés et plus généralement les émanations animales ou végétales sont susceptibles, dissous dans l'eau des gouttelettes, de servir d'aliments aux microbes.

« Le rôle favorable de l'humidité dans la contagion est encore notablement augmenté par la présence de traces in-

finitésimales de matières nutritives ». (Docteur Trillat, Compte-rendu à l'Académie des Sciences, 1920).

Les produits gazeux de la respiration apparaissent ainsi, tant par leur humidité que par leur composition chimique, comme des agents particulièrement actifs de conservation des microbes.

Remarquons que les dépressions barométriques, en provoquant l'émanation du sol de certains gaz putrides, favorisent l'action microbienne et influent sur la recrudescence de la contagion.

d) *Influence des mouvements de l'air.*

La circulation de l'air, dans un local, à une certaine vitesse, entraîne la formation, en particulier dans les espaces morts, de remous et tourbillons qui déplacent les poussières aqueuses et sèches. Les mouvements ascensionnels dans l'axe tourbillonnaire provoquent la formation de véritables colonnes microbiennes; ce phénomène est surtout fréquent dans le cas de chauffage à air chaud pulsé à grande vitesse par aérothermes. Ce système (ainsi que les ventilateurs ordinaires) est à proscrire absolument dans les écoles.

3. - Hypothèse de l'anthropotoxine

Les travaux de Brown-Sequard et d'Arsonval qui concluaient à l'existence d'une toxine dans l'air expiré, ont été repris par de nombreux savants.

L'expérience qui consistait à injecter dans les veines d'un lapin, l'eau de lavage du poumon d'un animal ou un liquide obtenu par condensation de l'air expiré a été réalisée à nouveau par des chercheurs Allemands, Italiens et Anglais. Aucun d'eux n'a pu obtenir, comme Brown-Séquard de phénomènes morbides.

L'expérience qui consistait à enfermer des lapins dans 8 cages hermétiques, placées à la suite, communiquant par des tubulures, et traversées par un lent courant d'air a été reprise par Gaussin et de nombreux autres savants étrangers.

Tous ont constaté la mort rapide des animaux placés dans les cages les plus éloignées à l'arrivée d'air; le taux de CO^2 ne dépassait pourtant pas 6 % et Brown-Séquard avait admis en conséquence l'existence d'un poison pulmonaire.

Mais les autres expérimentateurs n'ont pas réussi à isoler un principe toxique dans cet air expiré. Ils en ont conclu :

— qu'il n'y a pas dans l'air expiré de principe toxique pratiquement décelable ;

— que les animaux placés dans les cages successives meurent, ou bien intoxiqués par l'ammoniaque provenant des déjections si la ventilation est suffisante, ou bien par CO^2 si cette ventilation est insuffisante.

4. - L'oxyde de carbone

L'oxyde de carbone (provenant d'un système de chauffage défectueux) provoque, suivant Dufestel, Génevrier et Descomps, des phénomènes d'intoxication larvée à la dose de 1/10.000.

Des études plus précises ont montré que CO est plus toxique à un taux très bas pendant un laps de temps assez long qu'à un taux plus élevé pendant une courte période.

Beyne et Goett ont étudié la viciation de l'air à l'intérieur des avions, par CO provenant des moteurs. Ils ont conclu qu'une concentration de 1/15.000 peut être tolérée si le vol dure moins de 4 heures. Mais s'il dure 9 heures, la

concentration maximum acceptable ne dépasse pas 1/30.000.

La concentration de 1/10.000 admise précédemment comme maximum paraît donc être trop forte.

On décèlera l'oxyde de carbone dans les classes grâce à l'appareil de Levy et Pécoul, sensible à une concentration de CO de 1/100.000. C'est un appareil facilement transportable et dont le maniement est extrêmement simple.

La substance utilisée est l'anhydride iodique chimiquement pur, puis traité par un procédé spécial. L'air à examiner traverse un tube rempli de cette substance chauffée à 60°. De là, il passe dans le liquide indicateur qui se colore en rose plus ou moins foncé suivant la quantité de CO qu'il contient. Pour savoir la teneur exacte de l'air en CO, il suffit de comparer la teinte obtenue avec une échelle colorée spéciale.

5. - Conclusions

La nécessité de la ventilation n'apparaît pas très clairement si l'on considère seulement, comme les anciens auteurs le faisaient, la concentration en CO^2, ce gaz n'atteignant jamais dans les conditions normales une concentration gênante.

D'autre part, si l'hypothèse de la toxine pulmonaire doit être abandonnée, il faut admettre que les diverses substances indosables sécrétées par les êtres vivants, tant superficiellement que par la respiration, affaiblissent les échanges sanguins. Elles sont aussi susceptibles de créer des malaises et de favoriser la somnolence en hâtant la fatigue.

Pratiquement on limitera dans l'air confiné la teneur de CO^2 à 1 ou 1,5 % cette concentration étant considérée com-

me indicatrice de l'impureté de cet air en substances indosables.

On devra cependant retenir que si l'air confiné ne semble pas apporter de troubles sérieux dans l'organisme pendant la courte durée d'une expérience, son action continue peut, au contraire, avoir à la longue des effets nocifs (témoin, le développement de la tuberculose dans les locaux mal aérés).

D'autre part, l'atmosphère confinée et souillée par le séjours des occupants constitue par son degré hygrométrique élevé, sa température et sa composition chimique, un milieu d'élection pour la conservation des germes, leur multiplication et leur activation. Le rôle de l'air fraîchement expiré dans l'extension des épidémies apparaît comme étant aussi important que celui qu'on attribue au contage par les objets et les personnes. Or, les maladies contagieuses de l'enfance : rougeole, coqueluche, diphtérie, varicelle, oreillons, etc... se transmettent essentiellement par l'air. On voit donc l'intérêt primordial que présentent ces observations.

Si l'on considère la question du point de vue bactériologique, comme les gouttelettes se forment d'autant mieux que l'air est plus proche de la saturation, il apparaît que l'air sec est à rechercher. Mais comme par ailleurs, les muqueuses sèches arrêtent moins facilement les microbes, il conviendrait de ne pas dépasser un degré hygrométrique de 40 à 50 %.

L'humidité et la température ont également une action certaine sur la capacité de travail intellectuel; une commission américaine de ventilation a abouti, grâce à des méthodes de recherches psychologiques aux résultats suivants :

Si l'on admet que la capacité de travail (C.T.) = 100 à 20° et avec de l'air neuf :

à 20° air au repos : CT. = 91,1

à 24° air neuf : CT. = 85,2

à 24° air au repos : CT. = 76,6
Avec air sec = aucune diminution de CT.
Avec air humide = diminution de CT.

Tous les auteurs sont donc d'accord pour préconiser un degré hygrométrique faible.

Quant à la température idéale à obtenir, elle serait, selon Dufestel, Missenard et les auteurs américains, de 15 à 18°. Mais il est nécessaire de faire intervenir une donnée plus complexe et plus exacte : la température résultante.

La température résultante

L'observation courante révèle qu'une même personne également vêtue et dans les mêmes conditions physiologiques peut ressentir des impressions de chaleur ou de fraîcheur différentes, alors que le thermomètre indique la même température : d'autres facteurs interviennent donc.

On nomme « température résultante » le degré de sensation de confort qu'une personne ressent dans une atmosphère donnée.

D'après les travaux de chercheurs Américains et de Missenard, cette sensation dépend :

1° de la température sèche;

2° du degré hygrométrique;

Une perte importante de chaleur se produit par évaporation de l'humidité superficielle de la peau. (Cette évaporation devient nulle dans une atmosphère saturée de vapeur d'eau).

3° de la vitesse de l'air susceptible également de modifier l'évaporation superficielle;

4° de la température moyenne des parois.

La quantité de chaleur rayonnée par le corps humain étant normalement plus importante que celle perdue par convection, on conçoit que la température des parois soit un facteur important.

La température idéale indiquée entre 15 et 18° correspond aux meilleures conditions hygiéniques et de rende-

ment intellectuel. Cependant, dans un système de chauffage par convection, la température résultante sera insuffisante, essentiellement du fait de la basse température des parois. Dans le système de chauffage par rayonnement, cet inconvénient est supprimé comme on le verra plus loin.

Voici, à titre d'exemple, les caractéristiques de 3 atmosphères équivalentes (dans le cas particulier où la température de l'air est égale à celle des parois). La 1re atmosphère considérée constitue une « atmosphère de référence » son degré hygrométrique étant 100 % et la vitesse de l'air étant nulle. Sa température sèche donnera donc le chiffre de la température résultante.

Atmosphère	Température sèche	Degré hygrométrique	Vitesse de l'air	Repère de sensation thermique ou température résultante
I	20°	100 %	0	20°
II	24°	20 %	0	20°
III	26°,5	20 %	2m sec.	20°

B. - LES SYSTÈMES DE VENTILATION

1. - La ventilation naturelle

a) par l'ouverture des fenêtres.

C'est le moyen le plus simple, mais il ne va pas sans inconvénients :

Tout d'abord, en ville, le bruit.

Ensuite, l'insuffisance d'aération : s'il y a une grande différence de température entre l'extérieur et l'intérieur,

l'aération est bonne mais est difficilement supportée par les élèves sous cette forme brutale. Nous verrons que le chauffage par rayonnement supprime en partie cet inconvénient.

b) par différents autres moyens : vasistas, vitres perforées, vitres Castaing.

Tous ces systèmes ont les mêmes inconvénients que ceux apportés par l'ouverture des fenêtres. De plus, ils assurent un renouvellement de l'air beaucoup moins important.

c) par l'aération horizontale différentielle de Knapen.

L'ingénieur belge Knapen a utilisé le fait que l'air qui

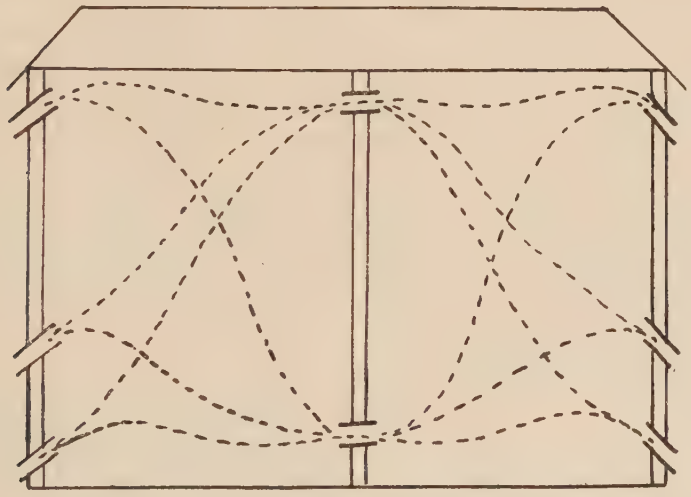

Figure 1. — Circulation de l'air dans un bâtiment pourvu du système Knapen.

baigne une façade d'un bâtiment n'a ni la même température ni la même densité que l'air qui baigne la façade opposée, par suite de la différence d'exposition. Il pratique donc des ouvertures dans une façade (1) au niveau du plafond, à mi-hauteur du mur et au niveau du plancher. Il pratique de plus des ouvertures correspondantes dans toutes les cloisons intérieures et enfin dans la façade oppo-

sée (2). L'air qui baigne la façade (1) est mis en communication avec l'air qui baigne la façade (2) à travers toutes les pièces du batiment. Il ne se forme pas en principe de courants d'air gênants.

Cette ventilation a donné d'excellents résultats. On a cependant fait deux remarques à son sujet.

Tout d'abord elle n'est pas réglable et est soumise aux conditions extérieures, le débit d'air renouvelé étant essentiellement variable avec la température et la direction des vents.

Ensuite, selon certains auteurs belges, elle serait encore un peu insuffisante et nécessiterait en plus 5 minutes d'aération par heure.

Ce système de ventilation est couramment employé à l'heure actuelle. Il a le mérite d'être extrêmement simple, de ne nécessiter aucun entretien et enfin d'être suffisamment efficace quant à la quantité d'air renouvelé.

Le règlement français recommande d'ailleurs le système Knapen dans les dernières instructions parues.

Voici le résultats d'analyses comparées de l'air de 2 salles des Ecoles de Bois-Colombes (Seine), faites par M. Clogne, chef de laboratoire de la Faculté de Médecine de Paris en avril 1922 :

		Salle pourvue d'aération Knapen 51 élèves	Salle non pourvue d'aération Knapen 43 élèves
T°	avant la classe	13°	13°
	après 1 h. 30 de classe	16°	15°
CO^2	avant la classe	0,032	0,035
	après 1 h. 30 de classe	0,039	0,047
Germes microbiens en dépôt sur boîtes Pétri	avant la classe	16 colonies	23 colonies
	après 1 h. 30 de classe	160 colonies	292 colonies
Germes microbiens au litre	avant la classe	5	6
	après 1 h. 30 de classe	39	50

De l'examen de ce tableau, il résulte :

1° Au point de vue température, résultats peut nets;

2° Proportion nettement inférieure de CO^2 malgré un plus grand nombre d'enfants;

3° Au point de vue microbien, le système d'aération Knapen diminue considérablement le nombre des germes en suspension dans l'atmosphère.

2. - La ventilation artificielle

La ventilation mécanique apparaît comme la meilleure manière d'assurer un renouvellement rationnel et parfaitement réglé de l'air dans un local. Elle distribue de l'air dépoussiéré, désinfecté, chauffé et humidifié à volonté : c'est *l'air conditionné.*

Le dépoussiérage se pratique par le lavage de l'air dans des cabines d'échange. Une pulvérisation d'eau froide dans l'air à traiter entraîne les gouttelettes microbiennes. Les poussières sèches sont hydratées et entraînées avec les autres. Ce lavage dissout en outre les gaz-aliments ainsi que CO^2 dont la solubilité est relativement grande.

Le degré hygrométrique voulu est obtenu en déterminant exactement les masses d'air et d'eau en présence et en ajoutant un séparateur d'air et de gouttelettes à la sortie de la cabine d'échange.

L'air ainsi nettoyé et humidifié est chauffé à 20° environ par une batterie de tuyaux parcourus par de la vapeur ou de l'eau chaude en provenance du générateur proprement dit (chaudière à vapeur, à eau chaude ou calorifère).

L'air conditionné sera introduit de préférence à la partie basse et à très faible vitesse (inférieure à 0 m. 50 seconde), grâce à un ventilateur hélicoïde silencieux et peu encombrant.

Les conduites d'air chaud doivent être d'accès facile pour permettre un nettoyage soigneux et éviter l'accumulation des poussières (condition d'ailleurs difficile à réali-

ser). Les bouches de sortie de l'air vicié seront hautes.

Le problème du rafraîchissement de l'air étant beaucoup plus compliqué que celui du réchauffement, on n'utilisera pratiquement ce système que pendant l'hiver.

Le groupe scolaire de la Porte de Ménilmontant et de la rue Sorbier à Paris est équipé de cette manière; les résultats sont excellents.

Mais ces systèmes d'air chaud pulsé ont l'inconvénient d'être extrêmement onéreux, de nécessiter une entretien compliqué et délicat ne pouvant être assuré que par un personnel spécialisé.

II. LE CHAUFFAGE

Généralités sur les différents modes de transmission de la chaleur

La chaleur se transmet d'un corps à un autre :

1° *Par conductibilité.* Lorsqu'il y a contact entre le corps chaud et le corps froid, le corps chaud transmet de la chaleur au corps froid jusqu'à ce que les deux aient la même température.

2° *Par mélange.* Lorsque deux corps solides en poussiere ou deux liquides ou deux gaz sont mis en contact intime, le mélange prend une température intermédiaire.

3° *Par convection.* Lorsque l'air s'échauffe au contact d'un corps chaud, il s'élève et provoque un circuit constant autour de la source de chaleur.

4° *Par rayonnement.* Lorsqu'un corps est soumis à la chaleur, il émet des rayons obscurs, de la gamme des infra-rouges, obéissant aux mêmes lois que les rayons lumineux et transportant à travers l'air sans l'échauffer leur chaleur aux corps environnants. Le chauffage par rayonnement est de même nature que le chauffage fourni par le soleil.

Nous laisserons de côté le mode de transmission par conductibilité qui n'offre pas d'intérêt pour notre sujet.

Le mode de transmission de la chaleur par mélange correspond au *système de chauffage par air chaud pulsé* auquel on adjoint un système de ventilation et au *chauffage par bouches de chaleur.*

Le mode de transmission par convection correspond *au chauffage par les poêles,* aux *différents systèmes de chauffage central* et à certains *radiateurs électriques.*

Le mode de transmission par rayonnement correspond au *système de chauffage par panneaux chauffants.*

Nous allons étudier successivement ces différents systèmes en les considérant du point de vue de leur adaptation aux nécessités de l'hygiène scolaire et des possibilités pratiques de leur exécution et de leur fonctionnement.

A. - MODE DE TRANSMISSION PAR MÉLANGE

1. — L'air conditionné

Nous avons vu le principe et la description schématique de ce système dans le chapitre de la ventilation.

2. — Les bouches de chaleur

L'air est pris à l'extérieur du bâtiment, chauffé par un calorifère et envoyé dans les locaux par des tuyaux en briques. C'est un système désuet et employé seulement quand il y a de très grands volumes d'air à chauffer. Il est quelquefois utile dans des locaux où les surfaces murales sont occupées par des appareils (laboratoires) et où les radiateurs sont difficiles à placer. Il n'est pratiquement pas employé dans les locaux scolaires courants, car il a de gros inconvénients au point de vue hygiénique : tout d'abord la répartition de l'air chaud est inégale et le voisinage des bouches de chaleur incommode. L'air chaud se charge de poussières dans des conduites difficiles ou impossibles à nettoyer. Enfin la cloche qui contient le foyer et au contact de laquelle l'air s'échauffe, laisse passer CO et des gaz nuisibles à travers la fonte portée au rouge ou par des fêlures fréquentes.

Le Docteur Hirtz cité par Génevrier et Descomps a montré que ce mode de chauffage peut produire des accidents

divers, entre autres : céphalées rebelles, anémie, parésies et paralysies.

B. - MODE DE TRANSMISSION PAR CONVECTION

Description des systèmes

1. — Chauffage par les poêles

C'est un système apparemment désuet. En réalité, il est employé très fréquemment dans les écoles rurales, souvent trop petites pour justifier l'installation d'un système de chauffage plus perfectionné et qui exigerait des efforts financiers dépassant de beaucoup les possibilités des petites municipalités.

Indications générales sur les caractéristiques d'un poêle dans une salle de classe

Le poêle, doit avoir une double enveloppe métallique, ou de terre cuite pour éviter le passage, à travers la fonte portée à une haute température, d'une grande quantité de CO.

Le tuyau de fumée ne doit pas traverser la classe au-dessus de la tête des enfants. Il doit, par ailleurs, être établi dans une gaine de ventilation où il abandonne à l'air vicié une partie de la chaleur que la fumée contient. Il élève la température de cet air et active ainsi sa vitesse ascensionnelle.

Les décorations à l'extérieur du poêle doivent être évitées, car les poussières s'y accumulent et y sont brûlées.

Ils doivent reposer sur une plaque de tôle et être entourés d'une grille protectrice empêchant les enfants de s'en approcher.

Les enfants ne doivent en aucun cas, selon le règlement, être placés à moins de 1 m. 25 d'un poêle.

Génevrier et Descomps prennent comme type de poêle bien construit le modèle de Haillot; c'est un poêle à double

enveloppe, à circulation d'air, qui est asser couramment employé dans les écoles de la région parisienne en particulier. Une prise d'air pur au-dehors est prévue. Cet air frais permet l'abaissement de la température des surfaces chauffantes et empêche ainsi, d'une part, la combustion des matières organiques en suspension dans l'air et, d'autre part, le passage à travers les gaines métalliques des gaz de combustion, en particulier de CO. Un système de ventilation est combiné avec ce système de chauffage : l'air vicié est amené sous le poêle des différents points de la salle par des canaux situés sous le plancher, et évacué avec la fumée. On peut aussi plus simplement assurer dans une certaine mesure la ventilation en adaptant au socle du poêle des grillages à travers lesquels l'air vicié passe et rejoint la fumée.

Une commission de chauffage et de ventilation a vérifié les résultats obtenus quant à la surface de chauffe, au renouvellement de l'air et à la consommation en charbon. Selon ces résultats la ventilation assure un renouvellement de 10 à 15 m^3 par heure et par enfant.

On trouve aussi dans beaucoup d'écoles des poêles Godin ou Martin à double enveloppe sans système de ventilation. A titre indicatif, il n'est pas inutile de rappeler que pour la ville de Bordeaux, 50 écoles sur 85 sont chauffées avec des poêles de ce type, les autres étant pourvues de chauffage central.

2. — Chauffage central

a) *Chauffage central par vapeur à haute pression.*

Il est complètement abandonné à cause des hautes températures superficielles des radiateurs entraînant la combustion des poussières de l'atmosphère qui s'y déposent.

b) *Chauffage central par vapeur à basse pression.*

Il a été très employé car il présente des avantages certains; son installation n'est pas très coûteuse et il n'y a pas de risque de gel des tuyaux; d'autre part, il permet un

chauffage rapide des classes et entraîne ainsi une certaine économie de combustible. Mais on a fini par l'abandonner, car il est très difficilement réglable et la température des surfaces chauffantes est très élevée.

c) *Chauffage central par eau chaude.*

C'est actuellement le système le plus répandu dans les villes. Ses avantages résident dans la température peu élevée et par conséquent hygiénique des surfaces chauffantes et dans la facilité de son réglage.

Les radiateurs sont le plus souvent placés au-dessous des fenêtres. Ils tempèrent ainsi l'air froid qui pénètre toujours par les joints de la menuiserie et diminuent les phénomènes de condensation qui se produisent sur les vitres. On peut d'ailleurs prévoir derrière le radiateur une prise d'air munie d'un filtre; mais la ventilation ainsi obtenue est encore insuffisante et l'adjonction du système Knapen est à recommander. D'autre part, ces prises d'air entraînent une importante déperdition de chaleur.

Il y a dans les divers systèmes de chauffage central deux questions absolument distinctes :

— celle du fluide : nous avons vu que l'eau était le meilleur;

— celle du combustible nécessaire au fonctionnement de la chaudière.

Pratiquement, on doit choisir entre le charbon, le mazout et le gaz.

Le charbon. — Les charbons les meilleurs sont ceux qui contiennent le moins de matières volatiles; l'anthracite est celui dont le rendement est le meilleur. Viennent après lui le coke de gaz et le coke métallurgique. Mais le chauffage au charbon présente de gros inconvénients : tout d'abord celui de nécessiter un grand espace pour son stockage (environ 2 m^3 pour 1 tonne); ensuite celui d'entraîner la formation de cendres et de scories en quantité importante nécessitant un enlèvement périodique; enfin

la surveillance du foyer et son rechargement doivent être fréquents.

Notons qu'avant 1940, le charbon était le combustible le meilleur marché.

Le mazout. — L'utilisation du mazout nécessite un stockage relativement réduit, mais délicat, dans une cuve spéciale de prix élevé. Ce procédé présente l'avantage d'une très grande propreté dans le fonctionnement. Il n'y a pas de scories et le chauffage est rapide.

Le gaz. — Le gaz présente les mêmes avantages que le mazout : propreté, réglabilité très grande, rapidité de chauffage et de plus, absence de stockage. Les brûleurs utilisés, ainsi que ceux adaptés au mazout, sont pourvus de dispositifs de sécurité. Il n'y a aucune manutention, la surveillance est facile et ne nécessite qu'un personnel réduit.

Le choix entre ces trois combustibles se fera en tenant compte non seulement des qualités hygiéniques de chacun et de son rendement, mais aussi des dépenses qu'entraînent l'achat et le fonctionnement des installations.

Actuellement, les frais d'une installation utilisant le mazout sont plus élevés que ceux d'une installation utilisant le charbon. Par contre, étant donné le rapport de la puissance calorifique du charbon (anthracite) à celle du mazout, soit 1/2, et les prix actuels de ces deux combustibles, le fonctionnement du mazout entraîne une dépense moindre que le fonctionnement au charbon.

Dans la région du Sud-Ouest, la quantité de gaz disponible va augmenter au cours de l'année 1949, du fait de l'utilisation possible du gaz de Saint-Marcet. Les services de distribution de gaz ayant l'intention d'appliquer *un tarif dégressif*, on a calculé que le prix de revient théorique du chauffage par le gaz serait sensiblement égal à celui du chauffage par le charbon. Dans ces conditions on pourra envisager le choix du gaz comme combustible dans les constructions nouvelles. Dans les écoles déjà pourvues

d'autres systèmes de chauffage central et, en particulier, celles qui sont équipées au charbon, il faudra, pour prévoir leur transformation en vue de l'utilisation du gaz de Saint-Marcet, tenir compte, d'une part, des frais élevés d'installation et d'autre part, de leur amortissement possible par l'économie qu'entraînent la rapidité du chauffage et son arrêt pendant la nuit et les jours de congé.

3. — Chauffage électrique

Il a des avantages indéniables : sa propreté, sa très grande facilité de réglage et son excellent rendement.

On distingue essentiellement :

— *le chauffage direct* assuré par des radiateurs à résistance métallique. La puissance nécessaire pour chauffer un local étant de 40 watts par m^3, ce système est sans intérêt pour les écoles. Il ne peut être envisagé que comme chauffage d'appoint, dans l'infirmerie par exemple.

Il faut également mentionner les longs tubes chauffants électriques placés à la partie inférieure des murs. Ce système a été employé avec succès dans quelques écoles avant la guerre.

Dans le chauffage électrique direct, seuls les radiateurs obscurs se rattachent au mode de transmission de la chaleur par convection. Les radiateurs paraboliques et les tubes chauffants se rattachent en réalité au mode de transmission par rayonnement.

— *Le chauffage par accumulation.*

Les appareils sont constitués par une résistance enrobée dans certaines matières calcaires qui ont la propriété de conserver la chaleur.

Cette chaleur s'accumule pendant les heures creuses, où le courant est moins cher et est restituée pendant la journée

L'appareil reste branché en permanence sur le secteur et une minuterie assure automatiquement l'utilisation du courant quand il le faut. Un appareil suffit par classe. Sa puissance doit se calculer suivant la règle édictée plus

haut : 40 w. par mètre cube, en tenant compte de l'orientation du local, du nombre de ses ouvertures et de la température à atteindre.

Tous les systèmes de chauffage électrique sont extrêmement onéreux. Si l'on considère, en effet, l'énergie produite par une usine thermique, on constate qu'il faut 1/2 kg. de charbon pour produire 1 kwH. Or, 1 kg de charbon donne en principe 7.000 calories soit en considérant les pertes, 5.000 calories utilisables, et 1 kwH. fournit 864 calories. On ne recueille donc, en principe, que $\frac{864}{2500}$ soit environ 35 % de la chaleur utilisable du charbon, dont l'emploi direct semble donc fournir un meilleur rendement.

Le chauffage électrique a été très encouragé avant la guerre en raison de ses avantages hygiéniques.

Actuellement et pour longtemps encore, on ne peut prévoir des installations de ce genre dans les écoles en construction. en raison de la pénurie d'énergie électrique.

Inconvénients communs à tous ces systèmes et en général au mode de transmission de chaleur par convection

Le chauffage par convection est basé sur la transmission de chaleur d'un point à un autre par suite du mouvement ascensionnel de l'air chauffé.

Ceci entraîne :

— des remous d'air constants;

— des déplacements de poussières;

— l'inégalité de température dans les différentes parties du local chauffé : on constate de 3° à 8° de différence entre la température de l'air à 1 m. 50 du sol et la température de l'air au plafond.

D'autre part, on admet généralement que pour obtenir +17° dans les pièces, la température du radiateur à eau chaude doit varier par exemple de 60° à 80°, si l'on ne

veut pas prévoir une surface chauffante rendant l'installation commercialement impraticable.

Or, cette température est suffisante pour décomposer les poussières de l'air en produisant une odeur désagreable très caractéristique. En outre, l'état hygrométrique se trouve diminué, ce qui peut, dans les locaux d'habitation, présenter des inconvénients déjà moins graves dans les classes où le degré hygrométrique est normalement élevé.

Ces inconvénients sont encore aggravés avec les radiateurs à vapeur, portés à une température beaucoup plus élevée.

La calcination des poussières de l'air laisse sur les murs des traînées grisâtres.

Les radiateurs sont enfin des réceptacles de poussieres.

Notons en terminant que le terme de « radiateurs » est absolument impropre, car la chaleur rayonnée par eux est de peu d'importance et en provenance seulement de leurs facettes externes. On devrait plutôt les appeler des « convecteurs ».

C. - MODE DE TRANSMISSION PAR RAYONNEMENT

Un corps soumis à la chaleur émet des rayons infrarouges.

Ce rayonnement est soumis exactement aux mêmes lois que la lumière.

Quand des rayons calorifiques tombent sur un corps :

— une partie est réfléchie suivant les lois de la réflexion : Pouvoir réflecteur;

— une autre partie est diffusée dans toutes les directions : Pouvoir diffusif;

— une troisième partie pénètre dans le corps et l'échauffe : Pouvoir absorbant;

— une dernière partie traverse le corps sans l'échauffer: Pouvoir diathermal.

Un corps chaud rayonne autour de lui en tous les sens.

L'air d'un local est presque transparent aux radiations calorifiques, car tous ses éléments le sont, sauf la vapeur d'eau et CO^2 qui n'atteignent que de faibles teneurs. C'est dire que les rayons calorifiques vont le traverser sans l'échauffer.

L'application de ces principes a permis la construction d'un système dans lequel la source émettrice de rayons

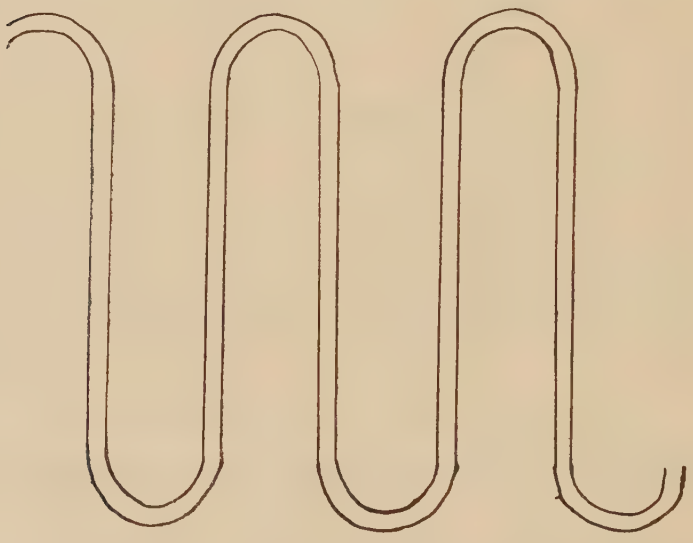

Figure 2. — Serpentins inclus dans les panneaux.

calorifiques est constituée par de larges panneaux pouvant être installés, soit dans les murs, soit dans le plancher, soit dans le plafond. Ces panneaux sont portés à une température superficielle relativement faible, au moyen d'une circulation d'eau chaude à 45° environ.

Le dispositif employé est le suivant : un serpentin en tube d'acier sans soudure (fig. 2), ayant un nombre de spires variant selon la puissance calorifique nécessaire et dans lequel circule l'eau chaude est enrobé dans une composition en matière spéciale ou en béton (fig. 3). Chaque panneau est indépendant et se règle, comme un radiateur, au

moyen d'un robinet. La chaudière chauffant l'eau est identique à celle des système de chauffage central et les mêmes problème se posent à son sujet.

L'être humain se trouvant dans une pièce chauffée par panneaux reçoit directement les rayons de la surface chaude ainsi qu'une partie de la chaleur réfléchie ou diffusée par les murs, planchers et meubles.

Les différents corps chauffés par les rayons des panneaux émetteurs élèvent par convection la température de

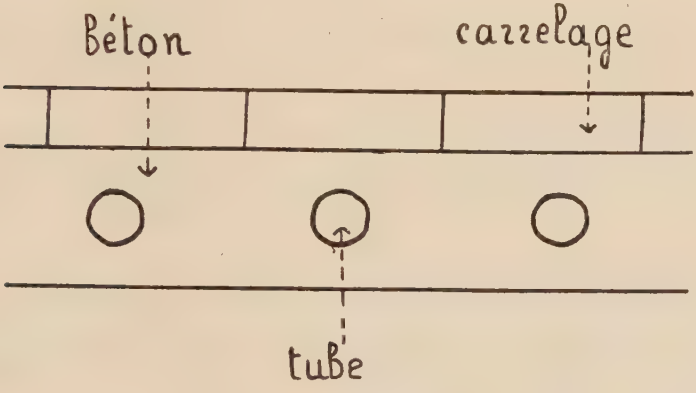

Figure 3. — Coupe d'un plancher chauffant.

l'ai en contact avec eux. La température de la pièce s'élève donc par le contact de l'air, d'une part avec les panneaux chauffants, d'autre part avec les parois, les meubles, etc... Mais cette température ne dépasse pas 12 à 14°.

Comparons maintenant une pièce chauffée par radiateur ordinaire et une pièce chauffée par rayonnement.

— Dans la première, l'air est à 18°, et les parois à 5°. L'occupant dont la température superficielle avoisine 27° rayonnera vers les parois et aura de ce fait une sensation de froid.

— Dans la deuxième, cette sensation disparaît, car les parois chauffantes et celles qui renvoient des rayons sont sensiblement à la température du corps. Il y a donc ten-

dance à l'équilibre. Le corps ne rayonne plus vers les parois et cela malgré la température relativement basse de l'air du local.

Il faut, à ce propos, citer le Professeur Véron, de l'Ecole Centrale, qui dit que le but du chauffage des locaux « n'est « pas (ainsi qu'on l'admet souvent implicitement) de céder « de la chaleur à notre corps (dont la surface est à tempé- « rature plus élevée que celle des objets qui l'entourent « dans la pièce) mais bien de l'empêcher de perdre trop « vite la chaleur de combustion pulmonaire véhiculée par « le sang ».

Or, la notion de *sensation* de froid ou de chaud dont nous venons de parler est d'après les spécialistes le seul critère universel de chauffage.

C'est ce qu'ils appelent *sensation de confort,* correspondant à la notion de *température résultante* et dont la température sèche de l'air n'est qu'un des éléments comme nous l'avons vu par ailleurs.

En effet, et pour illustrer cette théorie, il est d'observation courante qu'en haute montagne, au soleil, dans de l'air calme et froid, au-dessous de 0° C, on peut avoir une sensation de chaleur suffisante.

Dans le chauffage par panneaux où le rayonnement du corps vers des parois froides est supprimé et où l'air ne sera jamais assez chauffé pour avoir un mouvement ascensionnel appréciable, la sensation de confort est certaine.

Avantages particuliers aux écoles.

— La perte de chaleur par la ventilation est directement proportionnelle à l'écart existant entre la température intérieure et la température extérieure. Dans le chauffage par panneaux, cet écart est faible et il est alors possible de ventiler (s'il n'y a pas de courant d'air) par l'ouverture prolongée des fenêtres : les rayons calorifiques continuent à frapper les occupants et les empêchent d'avoir froid.

— On choisira de préférence, pour les écoles, les planchers comme siège des panneaux chauffants. Cela suppri-

mera l'inconvénient du froid aux pieds pour les élèves longtemps immobiles et travaillant intellectuellement. De plus, le sol étant chaud, on pourra employer en revêtement des carrelages très faciles à entretenir et à nettoyer.

— Il n'y a plus carbonisation des poussières, les surfaces chauffantes ne dépassant jamais 50°. Les traces noirâtres sont supprimées.

— Il n'y a pas de brassage de poussières par les remous d'un air trop chaud.

— Les radiateurs et les tuyauteries apparentes sont totalement supprimés.

— La température est uniforme dans toutes les parties de la pièce.

— Il y a économie de combustible du fait que toutes les tuyauteries, noyées dans la masse des matériaux, concourent à leur chauffage et que la température de l'air ne dépasse pas 12 à 14°.

Les constructeurs de l'Ecole Maternelle de la rue des Capucins, à Rouen, évaluent à 20 ou 25 % l'économie faite sur l'emploi des radiateurs à eau chaude. Dans cette école, une commande automatique de chauffage par thermostat contribue à l'économie réalisée en diminuant la température de l'eau quand le soleil, par exemple, chauffe la classe.

— Par contre, l'installation proprement dite du systeme, qui ne peut être faite que dans des bâtiments en voie de construction où elle a été prévue, revient de 15 à 20 % plus cher que le chauffage central à eau chaude.

Ce système est cependant plus simple à réaliser que le système à air chaud pulsé.

Nous avons pu personnellement visiter la seule école actuellement équipée en Gironde avec des panneaux chauffants : l'école maternelle de La Teste. La moitié seulement du bâtiment est ainsi chauffée, le reste étant pourvu de de radiateurs ordinaires. Les chaudières, auxquelles sont adaptés des thermostats, fonctionnent au mazout et à l'électricité et alimentent les deux parties de l'installation. La

Directrice de l'Ecole nous a spontanément affirmé que pendant les deux ans de fonctionnement des panneaux, avant 1939, elle avait constaté :

— une différence extrêmement sensible de sensation de confort (nous dirons de température résultante) entre les deux parties du bâtiment, à l'avantage de la partie chauffée par panneaux;

— la possibilité et même la nécessité, dans les pièces chauffées par rayonnement de laisser, en plein niver, un grand panneau vitré constamment ouvert, alors que c'était absolument impossible dans l'autre partie du bâtiment.

— une température remarquablement uniforme dans toutes les parties de la classe.

Enfin, la directrice insistait sur l'intérêt du plancher chauffant supprimant le froid aux pieds et permettant le nettoyage simple du dallage le recouvrant.

D. - CONCLUSION

Il semble que, malgré l'excellence théorique des systèmes de conditionnement d'air, le chauffage par panneaux, grâce à ses bases rationnelles et à sa simplicité, représente le moyen le plus efficace et le plus économique de chauffer une école tout en permettant une ventilation naturelle relativement importante.

Nous retiendrons également l'association : chauffage central à eau chaude et aération horizontale de Knapen qui donne des résultats satisfaisants.

III. L'ÉCLAIRAGE

A. - NÉCESSITÉ PHYSIOLOGIQUE D'UN BON ÉCLAIRAGE

« L'acuité visuelle d'un œil donné décroît rapidement « quand l'éclairage tombe au-dessous d'une certaine limi- « te. L'élève travaillant à un éclairage insuffisant remédie « à l'acuité défectueuse qu'il lui fournit en agrandissant « l'angle visuel sous lequel lui apparaissent les détails de « l'objet fixé, c'est à dire en rapprochant celui-ci de façon « démesurée.

« A la limite de l'acuité visuelle, le temps nécessaire « pour reconnaître une lettre donnée augmente fortement. « L'éclairage insuffisant ralentira donc le travail, à moins « que l'élève n'augmente l'acuité par le rapprochement. « La myopie constitue ainsi une vraie adaptation aux con- « tions défectueuses du travail en permettant de travailler « plus rapidement ».

Ainsi se trouvent expliqués, en tête de ce chapitre par le Docteur Leprince, les inconvénients d'un mauvais éclairage.

Nous exposerons ici, plus spécialement, le problème de la *myopie scolaire.*

Louis Rolland a montré par des mensurations que les nouveaux-nés sont tous hypermétropes. En effet, quelle que soit la longueur de l'axe antéro-postérieur, la rétine est toujours placée en avant du foyer postérieur de l'appareil dioptrique oculaire. Plus tard, l'allongement de l'axe antéro-postérieure fait coïncider la rétine et le foyer postérieur.

Mais l'œil peut subir, entre 8 et 14 ans, un allongement excessif qui entraîne la myopie. La myopie apparaît donc pendant la période de fréquentation scolaire.

Le Docteur Truc a examiné à Montpellier les élèves du Lycée, des Ecoles communales et des Ecoles normales. Il a constaté que la fréquence de la myopie augmente avec l'âge des écoliers et leur niveau d'études. D'autre part, la myopie s'accroît, de classe en classe, pour ceux qui sont myopes.

Cohn trouve :

14.69 % de myopes dans les classes inférieures;

61,16 % de myopes dans les classes supérieures.

L'influence du travail scolaire et des mauvaises conditions hygiéniques dans lesquelles il se pratique a été discutée par de nombreux auteurs, en raison du caractère héréditaire de la myopie et de la possibilité d'une simple coïncidence entre l'âge auquel elle apparaît et celui de la fréquentation scolaire.

Cependant, on admet généralement que le travail scolaire et un mauvais éclairage sont des causes favorisantes de l'apparition et de l'aggravation de la myopie. D'ailleurs, Bertin-Sans a remarqué que, dans une même classe, les myopes sont plus nombreux dans les parties les moins éclairées.

Il conviendra donc d'assurer à l'enfant les conditions matérielles lui permettant l'exercice de la vision dans les conditions les plus voisines de la normale, et, en particulier un éclairement suffisant : 20 à 30 lux en moyenne.

Notons enfin qu'un mauvais éclairage entraîne également des attitudes vicieuses chez les écoliers.

B. - L'ÉCLAIRAGE NATUREL

L'éclairage naturel, dans les salles de classe, doit donner une lumière suffisamment abondante pour que tous les élèves se trouvent placés dans des conditions de vision sa-

tisfaisantes, même lorsque le ciel est couvert.

En d'autres termes, l'éclairement doit être à peu près uniforme dans les différentes parties de la classe.

On appelle « éclairement » d'une surface la valeur du flux lumineux (Φ) tombant sur un mètre carré de cette surface (S)

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

L'unité d'éclairement est le *lux*. On mesure les éclairements au moyen de luxmètres d'un maniement extrêmement simple. Le luxmètre est constitué par une cellule photoélectrique sur laquelle agit la lumière; les variations de de courant correspondant aux variations lumineuses sont reçues dans un galvanomètre à cadre mobile très sensible et gradué en lux.

Conditions d'un bon éclairement naturel

— 1° La surface éclairante doit être, selon le Professeur

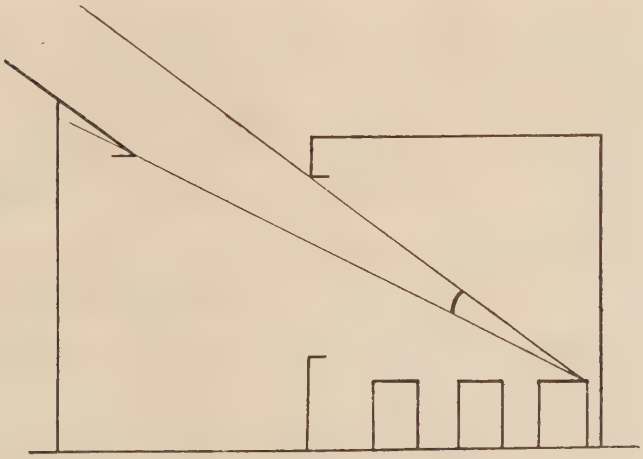

Figure 4. — L'angle de Javal.

Truc, égale, au moins, au 1/3 de la surface du plancher occupée par les élèves.

— 2° Les fenêtres doivent monter le plus haut possible, les rayons venant du haut étant les plus éclairants.

Le réglement français indique que la hauteur doit être égale aux 2/3 de la largeur de la classe et que la hauteur séparant le bord supérieur des fenêtres du plafond ne doit pas dépasser 0 m. 20.

— 3° Les bâtiments qui font face aux fenêtres doivent permettre l'observation de la loi de Javal :

« Un œil placé au niveau de la table, à la place la moins favorable, doit pouvoir voir directement le ciel dans une étendue verticale de 0 m. 30 au moins, comptée à partir du bord supérieur des fenêtres ». (fig. 4).

Le règlement demande que l'Ecole soit séparée des bâtiments voisins par une distance au moins égale à la hauteur maximum prévue pour les immeubles par les réglements urbains. Dans les campagnes, où ces règlements n'existent pas, cette distance ne sera jamais inférieure à 8 mètres.

Il faudrait pouvoir obtenir, selon Cohn, pour les constructions nouvelles, que cette distance soit égale à 2 fois la hauteur des maisons.

En ville, où les bâtiments sont souvent trop hauts et trop rapprochés pour permettre un éclairement suffisant dans les écoles qui leur font face, il faudrait au moins veiller à ce que les murs situés en face des fenêtres soient de couleur aussi claire que possible afin de faciliter la réflexion de la lumière sur eux.

— 4° L'orientation des fenêtres doit être étudiée.

Trélat pense que l'orientation au Nord est la meilleure pour la qualité et la régularité de la lumière; mais l'ensoleillement de la classe n'est pas assuré, ce qui est un défaut majeur. Il faudrait alors prévoir des ouvertures au Sud, masquées par des rideaux pendant les heures de classe et largement ouvertes en dehors de ces heures.

L'accord paraît être fait entre tous les auteurs en faveur de :

l'exposition à l'Est avec :

prédominance Nord-Est dans les climats chauds;

prédominance Sud-Est dans les climats plus froids.

Cette exposition donne une bon éclairage, une insolation aux premières heures de la journée, au moment où elle présente le moins d'inconvénients et, de plus, la protection contre les vents dominants de nos régions.

Lorsqu'il est impossible d'orienter toutes les classes dans la même direction, on devra laisser l'exposition la moins favorable aux classes où les élèves séjournent le moins : salles de réunion, salles de gymnastique par exemple. Pour les salles de dessin, l'exposition au Nord reste préférable.

Le règlement recommande l'exposition au Sud, chaque fois qu'elle sera possible à réaliser. Dans ce cas, il sera utile, pour éviter l'éblouissement, de prévoir des volets roulants avec projection à l'italienne. Les stores prévus pour atténuer l'éblouissement aux heures de grand soleil devraient pouvoir se manœuvrer de bas en haut et non de haut en bas, afin de modérer l'afflux de lumière directe dans la partie du local occupée par les élèves.

— 5° Les surfaces intérieures de la classe, murs et plafonds, doivent être peintes en couleurs très claires, la réflexion de la lumière sur elles uniformisant et diffusant l'éclairage.

Il semble que le gris, même clair, doive être évité dans les peintures murales en raison du noir qui entre dans sa composition.

Pourcentage de lumière réfléchie par des surfaces de différentes couleurs :

Blanc	67 à 80 %	Vert clair ..	43 à 67 %
Ivoire	66 à 70 %	Vert foncé ..	10 à 22 %
Crème	56 à 72 %	Bleu clair ..	31 à 55 %
Jaune	44 à 59 %	Gris	15 à 57 %
Brun	27 à 41 %		

6° L'orientation des tables est une question importante. D'une manière générale, on recommande l'éclairage unila-

téral gauche, dans lequel l'ombre portée de la main ne se produit pas à l'endroit où l'élève écrit.

Dans le cas de l'éclairage bilatéral, recommandé d'ailleurs par le règlement, on devra pouvoir régulariser l'entrée de la lumière par le côté droit, à l'aide de rideaux et de stores afin d'éviter des effets de contre-jour parfois très gênants. (Trélat et Cohn). On aboutira ainsi à un éclairage bilatéral différentiel.

L'éclairage par plafonds vitrés donne, en principe, la lumière la plus abondante et la plus régulière, mais il offre des inconvénients de construction et d'entretien qui l'ont fait rejeter par le règlement français.

C. - L'ÉCLAIRAGE ARTIFICIEL

Nous n'envisagerons ici que l'éclairage électrique.

Les valeurs d'éclairement recommandées pour les écoles par la Société pour le perfectionnement de l'éclairage, sont les suivantes :

Amphithéâtres	50 lux
Couloirs, escaliers	20 lux
Ateliers d'apprentissage	60 lux
Laboratoires	60 lux
Salles de classe	60 lux
Salles de couture	100 lux
Salles de dessin	100 lux
Tableaux	60 lux
Gymnases	40 lux

En pratique, on atteint rarement ces chiffres. L'éclairage, tel qu'il est couramment conçu dans les salles de classe, suivant le règlement, assure un éclairement moyen de 25 lux à toutes les places.

1. — Conditions générales d'un bon éclairage artificiel

L'établissement d'un projet d'éclairage est fondé sur l'application de certains principes généraux.

a) *L'éclairement* doit être suffisant pour permettre aux élèves de lire et d'écrire sans effort et de regarder sans fatigue oculaire le tableau noir, les tableaux muraux, les cartes, les expériences, etc...

En général, on considère surtout le résultat obtenu sur le « *plan utile* », qui pour les salles de classe, est un plan horizontal situé à la hauteur des tables, c'est à dire à 0 m. 80 du sol environ.

Cependant, il est indispensable de prévoir un bon éclairage du tableau noir et des panneaux muraux.

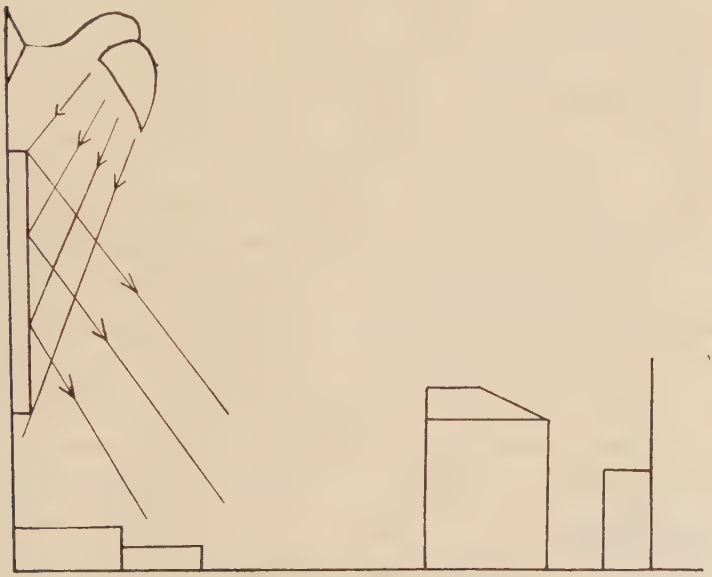

Figure 5. — L'éclairage du tableau.

Il est préférable d'employer un plus petit nombre de lampes plus fortes pour un même flux lumineux, à condition que cela ne nuise pas à l'uniformité d'éclairement ; le rendement des lampes puissantes est bien meilleur que celui des lampes faibles.

Dans le cas d'éclairage direct, la distance entre les lampes doit être inférieure à 1 fois 1/2 la hauteur des appareils au-dessus du plan utile. Pratiquement dans une salle

de 6 m. sur 8 m., on installe 5 appareils situés à 3 m. 50 du sol.

Pour l'éclairage du tableau, on utilise des appliques au-dessus de celui-ci et donnant un maximum d'éclairement vers le bas (fig. 5). Il faut que les yeux des enfants soient en dehors du champ de réflexion sur le tableau pour éviter l'éblouissement.

b) *L'éblouissement* doit être évité. L'éblouissement provoque une impression de gêne pouvant aller jusqu'à la douleur et entraînant un aveuglement plus ou moins accentué et plus ou moins prolongé.

L'éblouissement peut être causé :

1° soit par la brillance exagérée de la source lumineuse employée, comme par exemple une lampe électrique nue en verre clair. On peut alors substituer à la source lumineuse de petites dimensions, un globe diffusant de grande surface en verre opalin (de deux surfaces lumineuses de même intensité, la plus étendue étant la moins brillante). On peut aussi employer des réflecteurs opaques qui renvoient la lumière vers le plafond, donnant ainsi un éclairage indirect;

2° soit par l'intensité trop grande du foyer lumineux;

3° soit par la position de la source lumineuse dans le champ visuel de l'observateur.

On admet, dans les écoles que pour éviter cela il faut placer les lampes à 3 m. 50 du sol. L'expérience montre, en effet, qu'un angle de 30° avec l'horizontale est suffisant pour éviter tout phénomène d'éblouissement pour l'élève qui regarde droit devant lui, au tableau.

4° soit par réflexion des rayons lumineux sur des surfaces polies ou brillantes.

Il est bon de faire travailler les élèves sur du papier mat et de veiller à ce que la surface des tables soit mate et non brillante.

c) *L'uniformité* des éclairements doit être suffisante pour éviter les contrastes trop violents des zones d'ombre et de lumière. Comme pour l'éclairage naturel, les plafonds blancs et mats et les murs clairs contribuent à la diffusion et l'uniformisation de l'éclairement.

d) *La diffusion de la lumière* doit être assurée afin de supprimer au maximum les ombres portées. Dans les salles de dessin d'après nature, il est cependant nécessaire que le modèle reçoive suffisamment de lumière dirigée pour mettre les reliefs en valeur.

e) *Un éclairage d'appoint* est quelquefois indispensable pour les rangées de pupitres les plus éloignées des fenêtres. On doit donc prévoir une rangée d'appareils d'éclairage au-dessus de ces pupitres et branchée sur des circuits distincts.

2. — Différents systèmes utilisables

a) *Eclairage direct* dans lequel la totalité du flux lumineux est dirigé au-dessous du plan horizontal passant par les appareils. C'est le plus économique et pratiquement le plus employé dans les écoles. Ses inconvénients sont : la possibilité d'éblouissement, à laquelle on obvie en plaçant les appareils en dehors du champ visuel normal des occupants (3 m. 50 du sol); la formation d'ombres portées dures.

L'appareil couramment employé est constitué par un simple réflecteur opaque en tôle émaillée.

L'éblouissement peut être également très atténué par un globe opalin adjoint au réflecteur. C'est un système fréquemment employé à Paris. Mais ces appareils sont fragiles et d'un coût assez élevé.

Exemple d'installation d'éclairage direct : 5 appareils munis de lampes de 100 w. dans une salle de 6 m. x 8 m. à 3 m. 30 du sol donnent un éclairement moyen de 25 lux.

b) *Eclairage semi direct* dans lequel 60 % au moins du flux lumineux tombe directement sur les objets à éclairer,

le reste étant diffusé vers les murs et le plafond. Il est ordinairement réalisé par des réflecteurs en verre opalin. Il nécessite une puissance accrue des lampes.

c) *Eclairage indirect* dans lequel 90 % au moins du flux lumineux est dirigé au-dessus d'un plan horizontal passant par les appareils. Il assure une diffusion parfaite et supprime tout éblouissement. Il n'y a plus d'ombres portées.

On utilise des coupes soit opaques (éclairage totalement indirect) soit translucides (éclairage semi-indirect). La lumière est diffusée par le plafond qui doit être de couleur très claire et bien mat.

Cet éclairage est parfait mais très coûteux : il nécessite, en effet, une puissance accrue des lampes (environ 50 % de plus que dans l'éclairage direct) et surtout un entretien soigneux des plafonds.

d) *Eclairage par tubes fluorescents.*

On produit des décharges électriques dans des tubes contenant des gaz rares et dont les parois, imprégnées de substances fluorescentes excitées par les décharges, émettent de la lumière.

L'éclairement est parfait, sans éblouissement, la diffusion excellente, et les ombres portées sont presque supprimées. La qualité de la lumière obtenue peut se rapprocher de celle de la lumière du jour.

Mais l'installation est très coûteuse et la fragilité des tubes est un obstacle à leur utilisation dans les classes. Il est d'autre part, nécessaire d'ajouter un transformateur à chaque installation, ces tubes ne fonctionnant que sous des tensions élevées : 220 à 10.000 volts selon les types.

Par contre, ils ont un meilleur rendement lumineux que les lampes ordinaires : un tube de 25 w donne le même éclairement qu'une lampe de 75 w.

Conclusion : Il semble bien que l'éclairage indirect et l'éclairage par tubes fluorescents soient indiqués dans les salles de classe où la majorité des surfaces à éclairer est

située dans un même plan horizontal, quitte à prévoir un éclairage spécial pour le tableau. Dans les salles de dessin, il faudrait prévoir en outre l'éclairage direct du modèle, pour mettre les reliefs en valeur.

Mais un simple éclairage direct ou semi-direct, bien réparti et suffisamment intense donne aussi de bons résultats sans entraîner de frais excessifs d'installation.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

I. — La ventilation des salles de classes est une nécessité. L'air confiné a en effet, sur l'organisme, une action nocive immédiate due essentiellement à l'apport, au brassage et à l'activation microbiens et non à une trop forte concentration en CO^2 comme on l'a cru longtemps. Il a également une action nocive à longue échéance dont la manifestation la plus grave est le développement de la tuberculose.

II. — On doit, pour déterminer l'ensemble des conditions hygiéniques d'une atmosphère, faire intervenir la notion de température résultante dont les facteurs sont : la température sèche, le degré hygrométrique, la vitesse de l'air et la température des parois.

La température sèche idéale se situe entre 15 et 18°, le degré hygrométrique idéal entre 40 et 50 %. Les deux derniers facteurs varient suivant les systèmes de chauffage.

III. — Il semble qu'en l'état actuel de la technique, et compte tenu des considérations financières, le meilleur système de chauffage des écoles soit le chauffage par panneaux rayonnants. C'est, en outre, le seul qui permette une ventilation simple et efficace par ouverture prolongée des fenêtres.

L'association du chauffage central à eau chaude et du système d'aération horizontale de Knapen est également à retenir.

Le choix du gaz comme combustible dans les chaudières de chauffage central est à préconiser dans la région du Sud-Ouest, en raison de l'utilisation possible du gaz de Saint-Marcet. Le mazout présente également des avantages certains.

IV. — Un bon éclairage est indispensable dans les classes

pour éviter la fatigue oculaire et le développement ou l'aggravation de la myopie chez les enfants.

Un éclairement minimum de 20 à 30 lux est indispensable.

V. — Un bon éclairage naturel sera obtenu essentiellement :

— par un rapport convenable entre la surface éclairante et la surface à éclairer, soit 1/3;

— par une distance suffisante entre les fenêtres et les bâtiments qui leur font face afin que la loi de Javal soit observée;

— par la mise en œuvre soit de l'éclairage unilatéral gauche, soit de l'éclairage bilatéral différentiel.

VI. — Le meilleur éclairage artificiel sera obtenu avec l'éclairage indirect ou les tubes fluorescents. Mais leur prix de revient élevé imposera souvent le recours à l'éclairage direct ou semi-direct très soigneusement conçu et exécuté.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes, et, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu :
Bordeaux, le 5 mars 1949.
Le Doyen :
L. CHELLE.

Vu :
Le Président :
R. FABRE.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 8 mars 1949.
Le Recteur :
A. MARCHAUD.

BIBLIOGRAPHIE

BIGEAULT. — Le chauffage par panneaux (*l'Architecture,* juillet 1930).

CLOGNE. — Analyses de l'air des classes de l'école de Bois-Colombes (*Assainir par l'air.* Compagnie générale d'Assèchement et d'aération. Procédé Knapen, 37, rue Pigalle, Paris, janvier 1931).

Construction et aménagement des Ecoles Primaires élémentaires. (Circulaire Ministérielle du 30-10-35, Bulletin de l'Instruction Primaire, déc. 1935).

DUFESTEL. — *Hygiène scolaire* (Doin 1933).

L'Eclairage des écoles. — Recommandations de la Société pour le perfectionnement de l'éclairage, 33, rue de Naples, Paris, octobre 1938.

L'Eclairage des bureaux et des écoles. — Société pour le perfectionnement de l'éclairage, Paris, mai 1933.

GŒNAGA. — *Conditionnement de l'air. Ses applications dans l'habitat et dans l'industrie.* (Annales de l'Institut technique du Bâtiment et des Travaux publics, juillet-août 1943).

GENEVRIER ET DESCOMPS. — *Hygiène Scolaire* (Baillière et fils, Paris 1933).

HOUSSIN (M^lle^). — *Contribution à l'étude du sens lumineux et l'acuité visuelle en basse luminosité au moyen du photoptomètre de Haas.* (Thèse, Bordeaux, 1948).

L. R. — *Chauffage par panneaux. Ecole maternelle des Capucins à Rouen.* (l'Architecture et la construction dans l'Ouest, Organe de la Société des Architectes de la Seine-Inférieure et de l'Eure, Avril 1933, n° 4).

LANDRÉ. — *Le chauffage électrique* (l'Architecture, juillet 1930).

MISSENARD. — *Etude physiologique et technique de la ventilation* (Eyrolles, Paris 1933).

NADLER. — *Le chauffage électrique, seule formule du chauffage rationnel* (l'Architecture, juillet 1930).

PESME. — *Hygiène Scolaire, Traité d'ophtalmologie* (Masson, 1939).

ROUGIER (M^lle). — *Sur les effets des fortes concentrations en CO^2 chez différents animaux* (Compte-rendu de la Soc. Biol. de Bordeaux, juin 1946).

RIETSCHEL ET GRÖBER. — *Traité théorique et pratique de chauffage et de ventilation* (Béranger, Paris, Liège 1924).

SCHWARTZ. — *Nouveau code de l'Instruction Primaire* (Hachette 1934).

VÉRON. — *Rapport sur le dispositif à eau chaude Quiès à circulation accélérée par serpentins formant panneaux.* (Documentation confidentielle de la maison Nessi et Bigeault, 11, rue Viète, Paris).

WETZEL. — *Etablissement d'un projet d'éclairage* (Compagnie des lampes, 29, rue de Lisbonne, Paris, Mai 1933).